



Proyecto de Innovación

Convocatoria 2018/19

Nº de proyecto: 171

Título del proyecto:

Aprende a emprender: del TFG en el Grado de Ingeniería Química al mercado
laboral

Nombre del responsable del proyecto: V. Ismael Águeda Maté

Facultad de Ciencias Químicas

Departamento de Ingeniería Química y de Materiales

1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto

El objetivo del proyecto de innovación consiste en constituir una empresa de ingeniería con los estudiantes de Trabajo Fin de Grado del Grado en Ingeniería Química de la UCM. La empresa tendrá como objetivo el diseño de una planta industrial como la situada en Huelva y perteneciente al grupo CEPSA Química S.A y que resulte en los Trabajos de Fin de Grado del grupo de estudiantes que la constituyen. Diferentes agentes asesorarán en la búsqueda de financiación, diseminación y desarrollo de las actividades.

Este objetivo genérico se concreta en los siguientes objetivos específicos:

- Constituir una empresa para diseñar instalaciones de la industria química
- Diseñar una instalación para la producción de cumeno-fenol-acetona
- Diseñar cada una de las secciones en las que se divide la instalación industrial
- Redactar y presentar los TFG
- Desarrollar una página web para dar visibilidad a la empresa
- Aumentar la motivación de los estudiantes mediante la inclusión charlas de profesionales y visitas guiadas a la industria química como metodología docente.
- Trabajar competencias que no se han desarrollado durante el título. Se asistirá a charlas sobre emprendimiento de la Cámara de Comercio de la Comunidad de Madrid.
- Mejorar la competitividad y ganas de superación de los estudiantes como consecuencia de la inclusión de un premio al mejor TFG del grupo.
- Incluir estudiantes de doctorado en tareas docentes relacionadas con el TFG

Propuestas de valor del mismo:

- Fomentar el emprendimiento y el autoempleo en los estudiantes. Una de las principales carencias de los planes de estudio es la generación de emprendedores capaces de promover la formación de empresas que desarrollen nuevos productos o nuevas tecnologías de alto valor añadido. En este sentido se plantea, un caso práctico de desarrollo de actividad empresarial. El objetivo de la empresa constituida será diseñar una instalación industrial. Como resultado de la consecución del objetivo de la empresa se redactarán y presentarán los TFG de los estudiantes que participen en la misma.
- Promover el aprendizaje colaborativo y el trabajo en equipo para la consecución de un objetivo común. El núcleo de la actividad desarrollada por las empresas de ingeniería es el desarrollo de proyectos. Estos proyectos pueden tener mayor o menor entidad en función de su presupuesto económico que repercute directamente

en los recursos humanos destinados a la consecución de los objetivos marcados en el mismo. Cada uno de los miembros del equipo tiene unos objetivos individuales que se subordinan a la consecución del objetivo común del proyecto. Las partes comunes del proyecto pueden ser desarrolladas por todos los miembros del equipo.

- Incentivar la competitividad con la inclusión de un premio al mejor TFG.
- Mejorar la visibilidad de los títulos universitarios y de las competencias adquiridas por los egresados en un entorno no académico, como es un tribunal constituido por profesional del sector industrial.
- Resolver problemas a partir de modelos reales. Las instalaciones industriales para la producción de cumeno-fenol-acetona llevan muchos años en funcionamiento y su tecnología es conocida. Se plantea utilizar las competencias adquiridas durante el grado en ingeniería química para diseñar una instalación similar con el asesoramiento de profesores y profesionales que trabajan en dichas instalaciones.
- Aplicar los conocimientos adquiridos en la Universidad con los criterios que se emplean en un entorno ajeno a la misma.
- Optimización de la carga docente con el desarrollo de proyectos en los que se engloben los TFG de un grupo de varios estudiantes. Uno o varios profesores pueden asesorar sobre un tema concreto con un desarrollo más eficaz de su dedicación. La propuesta de muchos TFG de temática muy diferenciada implica una mayor dedicación por parte del profesor y de los propios estudiantes.
- Inclusión de estudiantes de doctorado. Las tareas desarrolladas dentro del proyecto de innovación educativa son complementarias a su formación investigadora. Una de los estudiantes es becaria FPU (Formación del Profesorado Universitario) y dentro de los requisitos necesarios para la renovación de la beca es la participación en actividades docentes.

2. Objetivos alcanzados

De los objetivos inicialmente propuestos, se han alcanzado los siguientes:

- Debido al elevado coste que supone la constitución de una empresa, se ha procedido a constituir la empresa de ingeniería de modo simulado. El número de estudiantes que han solicitado la realización del TFG en el marco del proyecto de innovación es de diecinueve. El total de estudiantes matriculados en el TFG para el curso 2018/19 es cincuenta y nueve, lo que indica el éxito que ha tenido la convocatoria entre los estudiantes.
- Se ha diseñado la planta química de cumeno-fenol-acetona que posee Cepsa Química S.A. en Huelva. Esta planta es la mayor del mundo en fabricación de cumeno. La planta se ha dividido teniendo en cuenta las directrices de la Guía Docente del TFG en Ingeniería Química. A partir de datos bibliográficos y de información procedente de CEPESA Química, se ha procedido a su diseño. Destacar el grado de implicación de CEPESA Química permitiendo la visita de los estudiantes a sus instalaciones y la consulta de dudas sobre el proceso desarrollado.
- Se ha dividido de modo equitativo la instalación industrial en diferentes unidades que constituyen el TFG de cada estudiante. Posteriormente, los estudiantes en función de su interés, han elegido la unidad a diseñar. Por último, se ha procedido al diseño de las secciones de acuerdo con las directrices de la Guía Docente del TFG en Ingeniería Química. Se han empleado los conocimientos adquiridos en el Grado de Ingeniería Química bajo la tutela de los profesores involucrados en el presente proyecto de innovación.
- Cada estudiante ha redactado su TFG siguiendo las normas generales para la redacción de la memoria (<https://www.ucm.es/diq/trabajo-fin-de-grado>). Las defensas de los TFG tienen lugar los días 27 de febrero, los días 26 y 27 de junio y los días 23 y 24 de julio en las tres convocatorias anuales. Debido a las diferentes cargas lectivas de los estudiantes involucrados (la normativa permite la matriculación en el TFG a estudiantes que les faltan 12 créditos por cumplir de los 180 créditos requeridos), todos los miembros del grupo no lo van a presentar en la misma convocatoria. Además, presentan una gran influencia las asignaturas en las que se encuentran matriculados. Así, los estudiantes con asignaturas pendientes de cursos anteriores, dado que es un requisito tener todos los créditos aprobados para la presentación y defensa del TFG, se centran en mayor medida en las asignaturas. Aún así, todos ellos han participado de manera activa, tanto en los seminarios planteados, como las reuniones para el desarrollo del proyecto de innovación. En la convocatoria de junio van a presentar su TFG ocho estudiantes y en la de septiembre en función de las calificaciones obtenidas lo haría el resto. Si alguno de los estudiantes no pudiese presentar su TFG en el curso 2018/19, tendría que hacerlo en las convocatorias de 2019/20. El proyecto de innovación es continuación de otro anterior y cabe destacar que en el año precedente todos los estudiantes defendieron su TFG con éxito.

- Se ha observado un elevado grado de implicación de los estudiantes en el desarrollo del proyecto de innovación. Han participado activamente en las charlas ofrecidas por profesionales procedentes de empresas referentes en el sector químico y de la ingeniería como Maxam y Cepsa Química. Han mostrado un elevado grado de satisfacción en la visita guiada a la planta de CEPSA Química en Huelva.
- El empleo de grupos de trabajo con un objetivo común ha supuesto que la dedicación de los profesores sea menor, ya que un mismo seminario va destinado a varias personas. En otras ocasiones y debido a la diversificación de las propuestas el tiempo invertido para supervisar los TFG se multiplica.
- Para estimular la competencia entre los estudiantes, una vez se hayan defendido los TFG, se hará entrega a modo de premio a los dos estudiantes que obtengan una mejor calificación un libro. Se ha elegido el *"Perry's Chemical Engineers Handbook"* debido a que es manual de referencia del Ingeniero Químico
- Los estudiantes de doctorado presentes en el PIE han participado activamente en el en el desarrollo de las tareas y tutorías asociadas al proyecto.

3. Metodología empleada en el proyecto

La metodología empleada para el desarrollo y consecución de los objetivos planteados será la siguiente: Aprendizaje basado en la realización de proyectos.

En este sentido se han realizado las siguientes actividades que permiten la consecución de los objetivos propuestos:

- Planteamiento del proyecto a desarrollar.
- Asesoramiento en la constitución de una empresa.
- Información sobre posibles fuentes de financiación tanto pública como privada.
- Charlas y coloquios con estudiantes y profesionales de la Ingeniería Química.
- Desarrollo del TFG basado en la solución de un problema real
- Seminarios específicos para el desarrollo del TFG
- Visita a la planta de cumeno-fenol-acetona de Cepsa Química en Huelva.
- Exposición del TFG a un tribunal.
- Presentación de los resultados obtenidos en congresos de innovación educativa.

4. Recursos humanos

El equipo docente está constituido por dos catedráticos (Gabriel Ovejero y María Ángeles Uguina), dos profesores titulares (José Antonio Delgado y Juan García), dos profesores ayudante doctor (Silvia Álvarez y Marcos Larriba) y un profesor contratado doctor (V. Ismael Águeda), que forman parte del Grupo de Catálisis y Operaciones de Separación (CyPS)" (ref. 910602).

Los integrantes del equipo son responsables de la docencia de diversas asignaturas obligatorias del Grado en Ingeniería Química del Grado en Ingeniería Química, así como de Trabajo de Fin de Grado y Máster. Entre los siete miembros del equipo docente han tutorizado más de cien trabajos dirigidos entre Trabajos Fin de Grado, Proyectos Fin de Carrera y Trabajos Fin de Máster. Todos los miembros del grupo han participado activamente en innovación educativa en las diferentes asignaturas de las que son responsables en diferentes procesos de cambios de planes de estudio. Lo que queda de manifiesto en el apartado de experiencia en innovación educativa.

Las nuevas directrices publicadas por la comisión académica de la UCM referente a los TFG ha puesto de manifiesto la necesidad de buscar nuevos enfoques que permitan un correcto desarrollo de los TFG evitando una sobrecarga, optimizando los recursos docentes de la universidad.

Se han incluido en el equipo de trabajo un miembro del PAS, tres profesionales, y seis estudiantes de doctorado:

- Jorge Sánchez es Técnico de aulas de informática y dispone de amplios conocimientos en desarrollo y diseño de páginas web. Su presencia permite involucrar al PAS en la transmisión de competencias para las que están cualificados.

- Los estudiantes de doctorado de Ingeniería Química. Tienen una doble misión, por un lado, complementar su formación al asistir a las diferentes actividades propuestas y por otro lado servir de apoyo docente en la tutorización de los TFG.

- Profesionales externos a la UCM. A título personal integrantes de Maxam, Técnicas Reunidas y CEPESA Química han aportado una valiosísima experiencia que ha sido clave en el éxito de la presente propuesta.

5. Desarrollo de las actividades

Se presentan de modo detallado las actividades desarrolladas.

- 1) Exposición del proyecto a desarrollar: Diseño de una planta de fabricación de cumeno-fenol-acetona. Se realizó una exposición de la temática del TFG y del resto de actividades que se incluirían dentro del proyecto de innovación.
- 2) Selección de candidatos para el desarrollo del mismo. Los estudiantes que mostraron interés a través de correo fueron seleccionados para el desarrollo del proyecto. El número de estudiantes interesados ha sido de 19 de los 59 matriculados en la asignatura de Trabajo de Fin de Grado.
- 3) La planta industrial fue dividida en un número de unidades igual al número de estudiantes. El grupo de profesores responsables del proyecto han dividido de modo equitativo la planta de producción de cumeno-fenol-acetona de Cepsa Química en Huelva, la mayor del mundo en producción de cumeno.
- 4) Constitución de la empresa y reparto de las secciones de la planta industrial. Previo al periodo de matrícula del TFG los integrantes del grupo han seleccionado la sección que deben diseñar en función de su interés, alcanzado un acuerdo entre todos ellos.
- 5) Desarrollo de los TFG con los siguientes apartados:
 - a.- Introducción y objetivos
 - b.- Estudio de viabilidad
 - c.- Memoria técnica
 - d.- Evaluación del impacto ambiental
 - e.- Presupuesto
 - f.- Bibliografía
 - g.- Presentación para su defensa ante tribunal
- 6) Fuentes de financiación. Se ha impartido una charla con información necesaria para poder constituir una empresa y desarrollar una actividad empresarial, así como las posibles vías de financiación tanto pública como privada.
- 7) Charlas y coloquio con profesionales de la Ingeniería Química. Se ha contactado con antiguos estudiantes de la Universidad Complutense interesados en la propuesta. En este sentido pondrán a disposición del grupo su experiencia personal en empresas como Maxam, Cepsa Química y Técnicas Reunidas, referentes en el sector químico y de ingeniería.
- 8) Seminarios y tutorías en grupo para la supervisión de los avances en el TFG. Se han planificado diversas tutorías con estudiantes del grupo encaminadas a la resolución de dudas sobre el desarrollo del TFG: Se han planificado diversos seminarios distribuidos homogéneamente en el segundo cuatrimestre.

- 9) Planificación y realización de una visita guiada a la industria química. CEPSA Química ha accedido a mostrar la planta de fabricación de cumeno-fenol-acetona que tiene situada en Huelva, esta planta química es la mayor del mundo en la fabricación de cumeno. La visita tuvo lugar el 28 de junio de 2019. Debido a lo comprimido del nuevo calendario en el grado de Ingeniería Química al desaparecer los exámenes de septiembre, ha sido complicada la planificación de la actividad.
- 10) Presentación de los resultados del proyecto de innovación en el congreso ICERI 2019: 12th annual International Conference of Education, Research and Innovation, Seville (Spain). 11th - 13th of November, 2019. Se ha presentado la comunicación titulada: *“A star-up in the degree of chemical engineering: generating the entrepreneurship of the graduates”*

6. Anexos

Se incluyen los títulos de los TFG y de los estudiantes que los han desarrollado. Una copia informatizada queda archivada en el departamento de Ingeniería Química.

TEMA	ESTUDIANTE
Diseño de la unidad de separación de propileno propano por destilación	Fabiana Morales Casielles
Diseño de la unidad de separación de propileno propano por adsorción	David Ramírez Moraleda
Diseño del reactor de producción de cumeno a partir de benceno y propileno	Gabriel Rubio Revuelta
Diseño de la unidad de reformado catalítico de nafta	Maria Jesús Sanz Del Val
Diseño de la unidad de purificación de cumeno	Lizeth Nathaly Rojas Paz
Diseño del reactor de oxidación de cumeno para dar hidroperóxido de cumeno	Danny Leonardo Calderón Rivera
Diseño de la unidad de intercambio iónico en el proceso de purificación de fenol	Luis Candido Briones Gómez-Jareño
Diseño de la unidad de separación de acetona en el proceso de purificación de fenol	Eva Portillo Sánchez
Diseño de la unidad de separación de fenol y alfa-metilestireno	Darya Ahmadi Asadiefrakoti
Diseño del reactor de producción de metanol a partir de gas de síntesis	Nicolás Martínez Ramón
Diseño del reactor de producción de metilaminas a partir de metanol y amoniaco	Daniel Sanz Chora
Diseño de la unidad de fraccionamiento de metilaminas	Rodrigo Benito Esperanza
Diseño de la unidad de producción de dimetilformamida a partir de dimetilamina y formiato de metilo	Roberto Llamas Dieguez
Diseño de una unidad de recuperación de fenol y acetona de aguas residuales por adsorción	Ignacio María Gómez-Llano García
Diseño de una unidad de captura de CO ₂ en postcombustión mediante absorción con líquidos iónicos	Mirella Requero García
Diseño de la unidad de extracción de benceno de gasolinas con líquidos iónicos	Camila Rocío Pedano
Diseño de la unidad purificación de biogás por absorción física con líquidos iónicos	Guillermo Rincón Hernández
Diseño de la unidad de separación de benceno/metilciclopentano por destilación extractiva con líquidos iónicos	Andrés Cañada Barcala
Diseño de la unidad de desulfuración de fuelóleos por extracción con líquidos iónicos	Guillermo Gómez Redondo

El proyecto de innovación ha recibido financiación para el desarrollo del mismo, y se ha invertido principalmente en la adquisición de diverso material informático. Para sufragar los gastos ocasionados para realizar la visita a la planta química de CEPESA en Huelva, los profesores han empleado fondos propios. Además, se han adquirido dos ejemplares del libro *"Perry's Chemical Engineers Handbook"* para su entrega a los dos mejores

TFG. Debido a las exigencias de ejecución de gasto en la convocatoria de los proyectos de innovación, los profesores han tenido que emplear fondos procedentes de otros proyectos para el desarrollo de parte de las actividades del proyecto de innovación.

Toda información sobre actividades del PIE ha quedado recogida en el siguiente espacio del campus virtual de la UCM:

<https://cv4.ucm.es/moodle/course/view.php?id=99041>

Se adjuntan fotos de la visita y actividades realizadas.

